# 贵州稻区褐飞虱种群对六种杀虫剂的抗性动态

李荣玉[1,2,3]，李　明[1,2,*]，吴小毛[1,2,3]，胡安龙[1,2,3]，杨　帆[1]，
徐雪凌[1,2,3]，韩晶波[1]，胡贤锋[1,3]，尹显慧[1,2,3]
（1. 贵州大学作物保护研究所，贵阳 550025；2. 贵州省山地农业病虫害重点实验室，贵阳 550025；
3. 贵州大学农学院，贵阳 550025）

**摘要**：【目的】为明确贵州褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 种群对常用杀虫剂的抗性水平。【方法】在室内采用浸渍法测定了 2013 - 2015 年采自贵州黄平、桐梓和开阳 3 地的褐飞虱种群对 6 种杀虫剂(吡虫啉、噻虫嗪、异丙威、噻虫胺、啶虫脒和醚菊酯)的抗性。【结果】贵州褐飞虱种群对不同的杀虫剂存在着抗性差异。与敏感品系相比,2013 - 2015 年间 3 地田间褐飞虱种群对吡虫啉、噻虫嗪、异丙威、噻虫胺的抗性均达到中等水平抗性,抗性倍数(resistance ratio, RR)分别为 21.88 ~ 95.38, 10.91 ~ 69.36, 13.00 ~ 57.23 和 23.11 ~ 39.54 倍;而对啶虫脒和醚菊酯仍处于敏感阶段,RR 分别为 0.47 ~ 0.75 和 0.41 ~ 0.85 倍。【结论】褐飞虱对吡虫啉和噻虫嗪的抗性较高,可能与近年来广泛地大量使用有关。本研究的抗性动态监测结果对贵州稻区褐飞虱的杀虫剂种类调整及施药策略等具有重要指导作用。

**关键词**：褐飞虱；杀虫剂；敏感性；抗药性；稻区；贵州
**中图分类号**：Q965.9　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2016)11-1232-06

# Dynamic changes of resistance to conventional insecticides in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae) in the main rice growing regions in Guizhou Province, southwestern China

LI Rong-Yu[1,2,3], LI Ming[1,2,*], WU Xiao-Mao[1,2,3], HU An-Long[1,2,3], YANG Fan[1], XU Xue-Ling[1,2,3], HAN Jing-Bo[1], HU Xian-Feng[1,3], YIN Xian-Hui[1,2,3] (1. Institute of Crop Protection, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management in Mountainous Region, Guiyang 550025, China; 3. College of Agriculture, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract**:【Aim】The objective of this research is to assess the resistance of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) to conventional insecticides in Guizhou, southwestern China.【Methods】The resistance to six insecticides (imidacloprid, thiamethoxam, isoprocorb, clothianidin, acetamiprid and ethofenprox) in field populations of *N. lugens* collected from three rice growing regions (Huangping, Tongzi, and Kaiyang) in Guizhou Province during 2013 - 2015 was assayed by rice dipping method.【Results】Substantial variations of the resistance level to different insecticides existed in *N. lugens* populations from Guizhou. Compared with the susceptible population of *N. lugens*, the three field populations have developed moderate-level resistance to imidacloprid, thiamethoxam, isoprocorb and

基金项目：国家自然科学基金项目(31460480, 21267007)；国家公益性行业(农业)科研专项(201203038, 201503107)；国家重点研发计划项目(2016YFD0200501, 2016YFD0200503)；贵州省科技支撑计划项目(黔科合支撑[2016]2534号)；贵州大学引进人才科研项目(贵大人基合字(2008)030号, 贵大人基合字(2015)07号)
作者简介：李荣玉，男，1984 年 3 月生，河南淮阳人，博士，讲师，研究方向为农药毒理学与分子生物学及农产品质量安全，E-mail：lirongyu0328@126.com
* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: lm21959@163.com
收稿日期 Received：2016-08-04；接受日期 Accepted：2016-11-04

clothianidin during 2013 – 2015, with the resistance ratios of 21.88 – 95.38, 10.91 – 69.36, 13.00 – 57.23 and 23.11 – 39.54-fold, respectively, while these field populations were still sensitive to acetamiprid and ethofenprox, with the resistance ratios of 0.47 – 0.75-fold and 0.41 – 0.85-fold, respectively.【Conclusion】The results suggest that the resistance of *N. lugens* in Guizhou to imidacloprid and thiamethoxam might increase quickly with the wide use of these insecticides in the main rice planting areas. The results provide important guidance for the adjustment of insecticide types and application strategies against the brown planthopper in Guizhou.

**Key words**: *Nilaparvata lugens*; insecticide; susceptibility; insecticide resistance; rice growing region; Guizhou

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 是贵州地区水稻生产中的首要害虫,可通过直接刺吸水稻汁液及传播水稻草状矮缩病和齿叶矮缩病等病毒等方式导致水稻严重减产。同时,该虫具有远距离迁飞性、暴发性和毁灭性等特点,极易成灾,是制约稻作生产发展,影响贵州省粮食安全的重要因素（林拥军等, 2011; 张帅等, 2014; Zhang *et al.*, 2015）。国内外研究表明,在目前和将来很长一段时期内,药剂防治在有害生物防治中仍占有重要地位。在害虫综合治理中,化学防治不断改进,与其他措施相协调,向着符合人类的要求发展。但长期以来化学杀虫剂使用中普遍存在选药不准、混药不对、施药不当以及超剂量用药等问题,不仅严重污染环境,而且致使害虫对各类杀虫剂产生不同程度的抗性(王彦华和王鸣华, 2006; Wen *et al.*, 2009; 凌炎等, 2011; 王鹏等, 2013; Matsumura *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2015; Garrood *et al.*, 2016)。多年来,贵州地区稻飞虱防治仍然以施用化学农药为主,且存在杀虫剂过量使用的现象,稻飞虱抗药性问题在贵州省各地已普遍存在,且相当严重(曾祥盛等, 2014; 郁艳等, 2015; 李文红等, 2015; 李国勇和陈祥盛, 2015)。因此,了解贵州褐飞虱种群对常用药剂的敏感性,对贵州省褐飞虱的抗药性治理具有重要的指导意义。

本研究采用稻茎浸渍法对 2013 – 2015 年间贵州主要稻区(黄平、桐梓和开阳)褐飞虱种群对异丙威、啶虫脒、噻虫嗪等 6 种常用杀虫剂的敏感性进行了测定,以期为贵州省稻区褐飞虱的抗性治理和科学用药提供参考。

# 1　材料与方法

## 1.1　供试药剂

98%异丙威原药(江苏常隆化工有限公司); 99%啶虫脒原药(山东海利尔化工有限公司);98%噻虫嗪原药(江苏盐城福利德化工有限公司);99.9%噻虫胺原药(上海凯试科技有限公司);96.98%醚菊酯原药(江苏辉丰农化股份有限公司);95.8%吡虫啉原药(江苏常隆化工有限公司)。以上原药以丙酮为溶剂,加 10% Triton X-100 制成简易乳油后供测定用。

## 1.2　供试虫源

褐飞虱虫源于 2013 – 2015 年每年 6 – 9 月分别采自贵州省黄平县旧州镇(黄平种群)、开阳县禾丰乡(开阳种群)和桐梓县官仓镇(桐梓种群)3 地大田褐飞虱种群,每个种群采集约 1 000 头成虫或 800 头若虫。每年 3 地褐飞虱种群带回实验室在不接触任何药剂的情况下参照王松尧等(2000)采用稻苗笼养法分别连续饲养 3 代(水稻品种:优香 705;温度:28 ±2℃;相对湿度:70% ~80%;光照:12 ~14 h),选取 3 龄中期若虫进行毒力测定。

## 1.3　生物活性测定

采用中华人民共和国农业行业标准 NY/T1708-2009《水稻褐飞虱抗药性检测技术规程》的稻茎浸渍法进行毒力测定,在万分之一电子天平上准确称取药剂,用丙酮稀释成一定浓度的母液,加 10% Triton X-100 乳化,再用无菌蒸馏水稀释 5 个系列浓度。连根拔出分蘖期的稻株,洗净,剪成约 10 cm 长的带根稻茎,晾干,3 株一组。将稻茎浸入配制好的药液中 30 s,取出后稍晾干,以湿脱脂棉包住根部放入培养杯中。从盆栽水稻中吸取标准一致的 3 龄若虫,放入上述培养杯中,每杯 10 头,每处理重复 3 次,以 10% 丙酮处理作对照,共 30 头。接虫后的培养杯放入温度为 28 ±1℃、光照周期为 16L∶8D 的恒温培养箱中,72 h 后统计死亡虫数。采用 EXCEL 2010 几率值法进行数据处理,计算出毒力回归方程、$LC_{50}$、相关系数及 $LC_{50}$ 的 95% 置信区间(张志祥等, 2002; 黄剑和吴文君, 2004)。

## 1.4　抗性倍数分级及标准

抗性倍数(RR) = 大田种群的 $LC_{50}$/敏感品系的 $LC_{50}$。抗性水平分级标准为:抗性倍数 5.0 倍以下为敏感;5.1 ~10.0 倍为低水平抗性;10.1 ~100.0

倍为中等水平抗性；>100.1 倍为高水平抗性。褐飞虱对本实验所测杀虫剂的敏感基线参考 Zhang 等(2015)，褐飞虱对异丙威、啶虫脒、噻虫嗪、醚菊酯、吡虫啉和噻虫胺的 $LC_{50}$ 分别为 1.72，7.55，0.11，38.73，0.08 和 0.28 μg/mL。

## 2 结果

### 2.1 贵州黄平地区褐飞虱种群对 6 种常用杀虫剂的敏感性

黄平地区褐飞虱种群对 6 种常用杀虫剂的敏感性测定如表 1 所示。结果表明，6 种杀虫剂对贵州黄平褐飞虱种群 3 龄若虫的平均毒力次序为：吡虫啉 > 啶虫脒 > 噻虫嗪 > 噻虫胺 > 醚菊酯 > 异丙威。2013 – 2015 年只有异丙威防治褐飞虱的 $LC_{50}$ 呈下降趋势，比 2013 年的 $LC_{50}$ 下降了 39.63%，其中 2014 年异丙威防治褐飞虱的 $LC_{50}$ 较高，效果较差。啶虫脒、噻虫嗪、醚菊酯、吡虫啉和噻虫胺防治褐飞虱的 $LC_{50}$ 均呈上升趋势，其中啶虫脒比 2013 年的 $LC_{50}$ 上升较小(0.19 倍)，而噻虫嗪比 2013 年的 $LC_{50}$ 上升较大(3.36 倍)。

**表 1 贵州黄平褐飞虱对 6 种常用杀虫剂的敏感性**

**Table 1 Susceptibility of *Nilaparvata lugens* populations from Huangping, Guizhou to six insecticides**

| 杀虫剂 Insecticide | 年份 Year | 致死中浓度(95%置信区间) $LC_{50}$ (95% FL) (μg/mL) | $r$ | $\chi^2$ |
|---|---|---|---|---|
| 异丙威 Isoprocorb | 2013 | 39.59 (30.16 – 51.96) | 0.9962 | 0.32 |
| | 2014 | 67.10 (51.08 – 88.13) | 0.9852 | 1.76 |
| | 2015 | 22.36 (19.71 – 25.38) | 0.9976 | 0.19 |
| 啶虫脒 Acetamiprid | 2013 | 3.52 (2.25 – 5.52) | 0.9911 | 0.74 |
| | 2014 | 3.59 (2.20 – 5.88) | 0.9810 | 1.33 |
| | 2015 | 4.19 (2.64 – 6.65) | 0.9877 | 0.92 |
| 噻虫嗪 Thiamethoxam | 2013 | 1.75 (1.29 – 2.37) | 0.9984 | 0.12 |
| | 2014 | 3.76 (2.78 – 5.09) | 0.9957 | 0.40 |
| | 2015 | 7.63 (5.79 – 10.06) | 0.9956 | 0.41 |
| 醚菊酯 Ethofenprox | 2013 | 16.47 (11.57 – 23.46) | 0.9966 | 0.26 |
| | 2014 | 23.90 (18.08 – 31.60) | 0.9923 | 0.06 |
| | 2015 | 19.68 (13.59 – 28.49) | 0.9896 | 0.85 |
| 吡虫啉 Imidacloprid | 2013 | 1.86 (1.28 – 2.69) | 0.9887 | 0.78 |
| | 2014 | 3.92 (2.57 – 5.96) | 0.9724 | 1.45 |
| | 2015 | 4.17 (2.89 – 6.02) | 0.9790 | 1.35 |
| 噻虫胺 Clothianidin | 2013 | 6.47 (4.98 – 8.39) | 0.9902 | 1.47 |
| | 2014 | 7.43 (5.56 – 9.92) | 0.9852 | 1.41 |
| | 2015 | 10.03 (7.73 – 13.03) | 0.9922 | 1.06 |

### 2.2 贵州桐梓地区褐飞虱种群对 6 种常用杀虫剂的敏感性

桐梓地区褐飞虱种群对 6 种常用杀虫剂的敏感性测定如表 2 所示。结果表明，6 种杀虫剂对贵州桐梓褐飞虱种群 3 龄若虫的平均毒力次序为：噻虫嗪 > 啶虫脒 > 吡虫啉 > 噻虫胺 > 醚菊酯 > 异丙威。2013 – 2015 年只有异丙威防治褐飞虱的 $LC_{50}$ 呈下降趋势，比 2013 年的 $LC_{50}$ 下降了 50.75%，其中 2014 年异丙威防治褐飞虱的 $LC_{50}$ 较高，其值为 84.25 μg/mL，效果较差。啶虫脒和醚菊酯在近 3 年中对褐飞虱的敏感性变化不大，分别为 2013 年 $LC_{50}$ 的 0.02 倍和 0.11 倍。噻虫嗪、吡虫啉和噻虫胺防治褐飞虱的 $LC_{50}$ 均呈上升趋势，其中噻虫胺比 2013 年的 $LC_{50}$ 上升较小(0.52 倍)，而吡虫啉比 2013 年的 $LC_{50}$ 上升较大(3.31 倍)。

**表 2 贵州桐梓褐飞虱对 6 种常用杀虫剂的敏感性**

**Table 2 Susceptibility of *Nilaparvata lugens* population from Tongzi, Guizhou to six insecticides**

| 杀虫剂 Insecticide | 年份 Year | 致死中浓度(95%置信区间) $LC_{50}$ (95% FL) (μg/mL) | $r$ | $\chi^2$ |
|---|---|---|---|---|
| 异丙威 Isoprocorb | 2013 | 48.53 (37.96 – 62.05) | 0.9900 | 1.34 |
| | 2014 | 84.25 (63.75 – 111.38) | 0.9838 | 1.78 |
| | 2015 | 23.90 (21.48 – 26.59) | 0.9993 | 0.07 |
| 啶虫脒 Acetamiprid | 2013 | 3.60 (2.26 – 5.75) | 0.9823 | 1.30 |
| | 2014 | 4.56 (2.77 – 7.51) | 0.9860 | 0.89 |
| | 2015 | 3.52 (2.20 – 5.62) | 0.9816 | 1.38 |
| 噻虫嗪 Thiamethoxam | 2013 | 1.44 (1.05 – 1.96) | 0.9976 | 0.18 |
| | 2014 | 2.65 (2.01 – 3.47) | 0.9984 | 0.19 |
| | 2015 | 5.42 (4.22 – 6.98) | 0.9938 | 0.76 |
| 醚菊酯 Ethofenprox | 2013 | 15.93 (11.67 – 21.73) | 0.9932 | 0.67 |
| | 2014 | 32.84 (23.01 – 46.86) | 0.9981 | 0.13 |
| | 2015 | 17.71 (12.06 – 26.01) | 0.9813 | 1.30 |
| 吡虫啉 Imidacloprid | 2013 | 1.77 (1.22 – 2.56) | 0.9972 | 0.20 |
| | 2014 | 3.14 (2.23 – 4.42) | 0.9957 | 0.34 |
| | 2015 | 7.63 (5.49 – 10.60) | 0.9970 | 0.23 |
| 噻虫胺 Clothianidin | 2013 | 7.27 (5.49 – 9.63) | 0.9871 | 1.50 |
| | 2014 | 6.53 (5.03 – 8.47) | 0.9873 | 1.28 |
| | 2015 | 11.07 (8.39 – 14.60) | 0.9532 | 4.22 |

### 2.3 贵州开阳地区褐飞虱种群对 6 种常用杀虫剂的敏感性

开阳地区褐飞虱种群对 6 种常用杀虫剂的敏感性测定如表 3 所示。结果表明，6 种杀虫剂对贵州开阳褐飞虱种群 3 龄若虫的平均毒力次序为：噻虫嗪 > 吡虫啉 > 啶虫脒 > 噻虫胺 > 醚菊酯 > 异丙威。2013 – 2015 年啶虫脒、噻虫胺和异丙威防治褐飞虱的 $LC_{50}$ 呈下降趋势，分别比 2013 年的 $LC_{50}$ 下降了 12.29%，21.32% 和 44.71%，其中 2014 年异丙威防治褐飞虱的 $LC_{50}$ 较高，其值为 98.43 μg/mL，效果较差。噻虫嗪、醚菊酯和吡虫啉防治褐飞虱的 $LC_{50}$ 均呈上升趋势，其中醚菊酯比 2013 年的 $LC_{50}$ 上升较

表 3　贵州开阳褐飞虱对 6 种常用杀虫剂的敏感性

Table 3　Susceptibility of *Nilaparvata lugens* populations from Kaiyang, Guizhou to six insecticides

| 杀虫剂 Insecticide | 年份 Year | 致死中浓度(95% 置信区间) $LC_{50}$ (95% FL) (μg/mL) | $r$ | $\chi^2$ |
|---|---|---|---|---|
| 异丙威 Isoprocorb | 2013 | 41.53 (31.03 – 55.57) | 0.9920 | 0.66 |
| | 2014 | 98.43 (70.77 – 136.91) | 0.9577 | 2.99 |
| | 2015 | 22.96 (20.51 – 25.69) | 0.9982 | 0.19 |
| 啶虫脒 Acetamiprid | 2013 | 5.64 (3.79 – 8.40) | 0.9974 | 0.25 |
| | 2014 | 4.32 (2.70 – 6.91) | 0.9947 | 0.36 |
| | 2015 | 4.93 (3.10 – 7.85) | 0.9907 | 0.70 |
| 噻虫嗪 Thiamethoxam | 2013 | 1.20 (0.91 – 1.60) | 0.9996 | 0.04 |
| | 2014 | 2.64 (1.99 – 3.51) | 0.9920 | 0.70 |
| | 2015 | 5.41 (4.14 – 7.08) | 0.9904 | 1.06 |
| 醚菊酯 Ethofenprox | 2013 | 14.59 (11.05 – 19.28) | 0.9976 | 0.28 |
| | 2014 | 30.43 (21.66 – 42.75) | 0.9935 | 0.41 |
| | 2015 | 18.84 (13.65 – 26.00) | 0.9953 | 0.36 |
| 吡虫啉 Imidacloprid | 2013 | 1.75 (1.26 – 2.45) | 0.9960 | 0.33 |
| | 2014 | 3.86 (2.56 – 5.82) | 0.9923 | 0.50 |
| | 2015 | 3.76 (2.56 – 5.550) | 0.9802 | 1.39 |
| 噻虫胺 Clothianidin | 2013 | 10.27 (7.40 – 14.26) | 0.9849 | 1.00 |
| | 2014 | 7.37 (5.67 – 9.58) | 0.9951 | 0.59 |
| | 2015 | 8.08 (6.34 – 10.30) | 0.9934 | 0.93 |

小(0.29 倍)，而噻虫嗪比 2013 年的 $LC_{50}$ 上升较大(3.51 倍)。

### 2.4　贵州 3 地褐飞虱对常用杀虫剂的抗药性

2013 – 2015 年间采用稻茎浸渍法监测了贵州主要稻区褐飞虱种群对常用杀虫剂的抗药性变化，结果表明，贵州 3 地褐飞虱种群对啶虫脒和醚菊酯的抗性处于敏感水平抗性，抗性倍数分别为 0.47 ~ 0.75 倍和 0.41 ~ 0.85 倍(图 1：B, D)，但其毒力则呈现上升趋势；贵州 3 地褐飞虱种群对异丙威、噻虫嗪、吡虫啉和噻虫胺均已产生中等水平的抗性，抗性倍数分别为 13.00 ~ 57.23, 10.91 ~ 69.36, 21.88 – 95.38 和 23.11 ~ 39.54 倍(图 1：A, C, E, F)，黄平与桐梓种群的抗性水平呈上升趋势，开阳种群的抗性水平则呈现下降趋势，其中桐梓种群在 2015 年对噻虫胺抗性倍数较高(RR = 39.54)，而黄平 2015 年对噻虫胺抗性倍数较低(RR = 23.11)；黄平、桐梓和开阳种群在 2014 年对异丙威表现抗性水平较高(RR 分别为 39.01, 48.98 和 57.23)，而 3 地褐飞虱种群在 2015 年对异丙威抗性下降较大，这与当年该地方较少使用异丙威一致；3 地褐飞虱种群对噻虫嗪抗性逐年递增，且黄平种群上升的较快，在 2015 年均产生中等水平抗性(黄平：RR = 69.36；桐梓：RR = 49.27；开阳：RR = 49.18)；3 地褐飞虱种群对吡虫啉抗性均呈上升趋势，且桐梓种群上升幅度较大，桐梓种群在 2015 年对其的抗药水平较高(RR = 95.38)，这与当年该地方褐飞虱暴发程度及用药水平一致。

## 3　结论

目前，褐飞虱对异丙威、吡虫啉、噻虫嗪等常用杀虫剂的抗性越发明显，已达中等至高水平抗性(王鹏, 2013；张帅等, 2014；Zhang *et al.*, 2015)。本研究结果表明，贵州稻飞虱的抗药性大部分处于较低的中等水平抗性，较全国的中等至高水平抗性(82.3 ~ 1 935.8 倍)尚有一定差距，可能因稻飞虱的迁飞过程中，敏感种群对抗性种群有稀释作用及贵州施药水平较低有关。其中异丙威、啶虫脒、噻虫嗪、醚菊酯、吡虫啉、噻虫胺对贵州黄平、桐梓和开阳 3 地褐飞虱的 $LC_{50}$ 范围分别为:22.36 ~ 98.43, 3.52 ~ 5.64, 1.20 ~ 7.63, 14.59 ~ 32.84, 1.75 ~ 7.63 和 6.47 ~ 11.07 g/mL。与敏感品系相比，3 地褐飞虱种群对吡虫啉、噻虫嗪、异丙威、噻虫胺抗性倍数较高，均表现出中等水平抗性(RR 分别为 21.88 ~ 95.38, 10.91 ~ 69.36, 13.00 ~ 57.23 和 23.11 ~ 39.54)，对啶虫脒和醚菊酯均表现较为敏感。通过对比唐建峰等(2008)与李国勇和陈祥盛(2015)测定的结果，其异丙威、吡虫啉、噻虫嗪抗性呈有上升趋势。这说明贵州褐飞虱迁入后在各地的生长环境、施药水平以及繁殖速度不同，使各种群在不同剂量胁迫下繁殖的后代对药剂的适应能力不同，从而导致不同种群间对同种药剂的敏感性存在差异(曾祥盛等, 2014)。而褐飞虱虽是一种远距离迁飞性害虫，但在本研究中所采集的褐飞虱种群一般都是采集地繁殖后的褐飞虱种群，而非迁入代种群，这可能是不同地区采集的褐飞虱的抗药性存在差异的又一原因(王鹏等, 2013；郁艳等, 2015)。

噻虫嗪和吡虫啉作用机理类似，能有效地防治多种抗性害虫，在害虫的防治中是一种比较理想的药剂。本研究监测结果显示，贵州 3 地褐飞虱种群对吡虫啉和噻虫嗪抗性倍数较高，抗性均有所发展，尤其是黄平地区褐飞虱种群对噻虫嗪抗性和桐梓地区褐飞虱种群对吡虫啉抗性发展最快(王鹏, 2013；张帅等, 2014)。这些研究结果与吡虫啉和噻虫嗪是当地防治褐飞虱的主要药剂，用药量较高和用药次增多导致抗性水平较高有关。贵州地区在今后防治褐飞虱中重点加强吡虫啉和噻虫嗪与不同作用机制的药剂间的轮换使用，延缓其抗性发展(林拥军等,

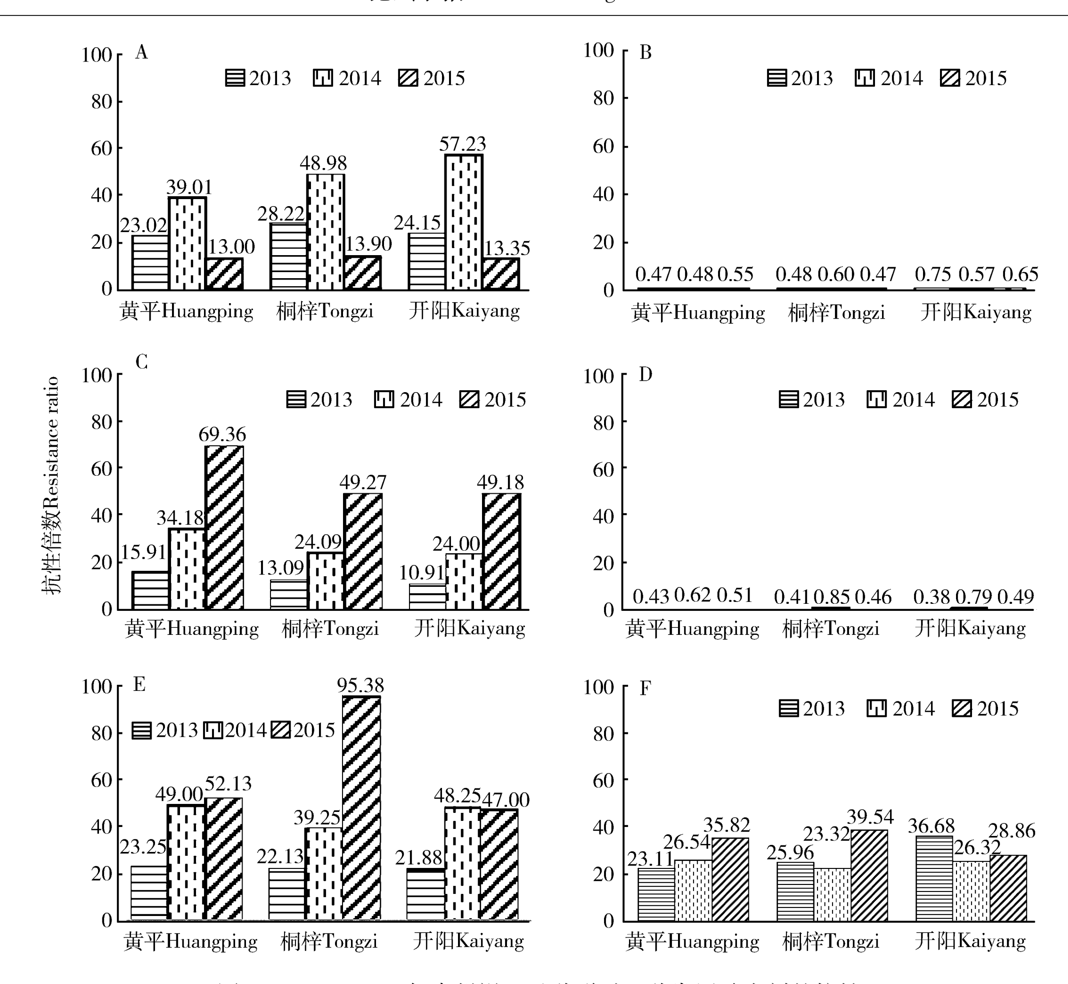



图 1　2013 – 2015 年贵州褐飞虱种群对 6 种常用杀虫剂的抗性

Fig. 1　Resistance of different *Nilaparvata lugens* populations in Guizhou to six insecticides during 2013 – 2015

A：异丙威 Isoprocorb；B：啶虫脒 Acetamiprid；C：噻虫嗪 Thiamethoxam；D：醚菊酯 Ethofenprox；E：吡虫啉 Imidacloprid；F：噻虫胺 Clothianidin.

2011；Zhang *et al*., 2014；张帅等, 2014）。

因此,在进行贵州省褐飞虱防治田间防治时,应根据褐飞虱的发生流行规律、用药历史、抗药性情况等,利用不同作用机制的单剂和混剂进行轮用、混用、镶嵌式使用,同时综合生物防治、农业防治等综合治理措施,使褐飞虱的抗药性得到持续有效的控制,以实现水稻和粮食生产的可持续发展。鉴于目前的研究结果,我们下一步将继续监测贵州褐飞虱种群对主要防治药剂抗性水平,根据不同作用分子靶标位点农药作用机理,开发水稻的精准快速选药技术和试剂盒,以提高农药使用的精准性和安全性,减缓抗药性的发展,提高水稻产量和质量安全。

## 参考文献（References）

Garrood WT, Zimmer CT, Gorman KJ, Nauen R, Bass C, Davies TGE, 2016. Field-evolved resistance to imidacloprid and ethiprole in populations of brown planthopper *Nilaparvata lugens* collected from across South and East Asia. *Pest Manag. Sci*., 72(1): 140 – 149.

Huang J, Wu WJ, 2004. Calculate the median lethal dose and Chi square test with EXCEL in toxicological tests. *Entomological Knowledge*, 41(6): 594 – 598. [黄剑, 吴文君, 2004. 利用 EXCEL 快速进行毒力测定中的致死中量计算和卡方检验. 昆虫知识, 41(6): 594 – 598]

Li GY, Chen XS, 2015. Resistance of *Nilaparvata lugens* (Stål) to 5 insecticides in different areas of Guizhou Province. *Hubei Agricultural Sciences*, 54(19): 4725 – 4728. [李国勇, 陈祥盛, 2015. 贵州不同地区褐飞虱对五种杀虫剂的抗药性研究. 湖北农业科学, 54(19): 4725 – 4728]

Li WH, Li FL, Jin JX, Cheng Y, Hu Y, Zeng YL, Xiang ZQ, Liu L, 2015. Resistance situation of different *Sogatella furcifera* populations to insecticides in Guizhou Province in the last two years. *Plant Protection*, 41(6): 199 – 204. [李文红, 李凤良, 金剑雪, 程英, 胡月, 曾义玲, 向占群, 刘莉, 2015. 近两年贵州省白背飞虱的抗药性现状. 植物保护, 41(6): 199 – 204]

Lin YJ, Hua HX, He YQ, Yang CJ, Zhai BP, Shen JL, Zhang KJ, Xue XF, Fu Q, Luo J, Lou YG, Zhu ZR, Tang QY, Lv ZX, Xu HX, Zheng XS, Huang FK, Peng ZL, He GC, Chen RZ, Guo HF, Chen QZ, Wan BL, Lv L, Lin HF, Liu F, Xiao HX, Hou ML, Yao YJ, 2011. Progress in research on the integrated management of

the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1194 – 1201. [林拥军, 华红霞, 何予卿, 杨长举, 翟保平, 沈晋良, 张开军, 薛晓峰, 傅强, 罗举, 娄永根, 祝增荣, 唐启义, 吕仲贤, 徐红星, 郑许松, 黄凤宽, 彭兆普, 何光存, 陈荣智, 郭慧芳, 陈其志, 万丙良, 吕亮, 林华峰, 刘芳, 肖汉祥, 侯茂林, 姚英娟, 2011. 水稻褐飞虱综合治理研究与示范——农业公益性行业专项"水稻褐飞虱综合防控技术研究"进展. 应用昆虫学报, 48(5): 1194 – 1201]

Ling Y, Huang FK, Long LP, Zhong Y, Yin WB, Huang SS, Wu BQ, 2011. Studies on the pesticide resistant of *Nilaparvata lugens* (Stål) in China and Vietnam. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1374 – 1380. [凌炎, 黄凤宽, 龙丽萍, 钟勇, 尹文兵, 黄所生, 吴碧球, 2011. 中国和越南褐飞虱抗药性研究. 应用昆虫学报, 48(5): 1374 – 1380]

Matsumura M, Sanada-Morimura S, Otuka A, Ohtsu R, Sakumoto S, Takeuchi H, Satoh M, 2014. Insecticide susceptibilities in populations of two rice planthoppers, *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera*, immigrating into Japan in the period 2005 – 2012. *Pest Manag. Sci.*, 70(4): 615 – 622.

Tang JF, Chen XS, Zhou HM, 2008. A preliminary study of pesticide resistance of planthoppers in Guizhou Province. *China Plant Protection*, 28(4): 36 – 38. [唐建锋, 陈祥盛, 周华梅, 2008. 贵州省稻飞虱抗药性初步研究. 中国植保导刊, 28(4): 36 – 38]

Wang P, Ning ZP, Zhang S, Jiang TT, Tan LR, Dong S, Gao CF, 2013. Resistance monitoring to conventional insecticides in brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae) in main rice growing regions in China. *Chinese Journal of Rice Science*, 27(2): 191 – 197. [王鹏, 甯佐苹, 张帅, 蒋田田, 谭利蓉, 董嵩, 高聪芬, 2013. 我国主要稻区褐飞虱对常用杀虫剂的抗性监测. 中国水稻科学, 27(2): 191 – 197]

Wang SY, Chai WG, Zhu WG, 2000. A method of feeding *Nilaparvata lugens* (Stål) on the rice-sprout in laboratory. *Entomological Knowledge*, 37(6): 361 – 363. [王松尧, 柴伟纲, 朱卫刚, 2000. 一种稻飞虱室内稻芽饲养法. 昆虫知识, 37(6): 361 – 363]

Wang YH, Wang MH, 2006. Research progress on *Nilaparvata lugens* insecticide resistance and proliferation of the resistant biotype. *Agrochemicals*, 45(4): 227 – 230. [王彦华, 王鸣华, 2006. 褐飞虱抗药性及再猖獗研究进展. 农药, 45(4): 227 – 230]

Wang P, 2013. Resistance Monitoring of Conventional Insecticides in Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens*. MSc Thesis, Nanjing Agricultural University, Nanjing. [王鹏, 2013. 褐飞虱对常用杀虫剂的抗性监测. 南京: 南京农业大学硕士学位论文]

Wen Y, Liu Z, Bao H, Han Z, 2009. Imidacloprid resistance and its mechanisms in field populations of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål in China. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 94(1): 36 – 42.

Yu Y, Li M, Li RY, Fan LF, Lu C, 2015. Toxicity of imidacloprid, thiamethoxam, ethofenprox and their mixtures on *Nilaparvata lugens* in Guizhou Province. *Guangdong Agricultural Sciences*, 42(1): 73 – 77. [郁艳, 李明, 李荣玉, 樊龙飞, 卢春, 2015. 醚菊酯、吡虫啉、噻虫嗪及其混配对褐飞虱的毒力测定. 广东农业科学, 42(1): 73 – 77]

Zeng XS, Li M, Zhao WJ, 2014. Susceptibility of brown planthopper to three insecticides in different areas of Guizhou Province. *Hubei Agricultural Sciences*, 53(2): 334 – 336. [曾祥盛, 李明, 赵文晋, 2014. 贵州不同地区褐飞虱种群对三种杀虫剂的敏感性. 湖北农业科学, 53(2): 334 – 336]

Zhang ZX, Xu HH, Cheng DM, 2002. Calculating toxicity regression with EXCEL. *Entomological Knowledge*, 39(1): 67 – 70. [张志祥, 徐汉虹, 程东美, 2002. EXCEL在毒力回归计算中的应用. 昆虫知识, 39(1): 67 – 70]

Zhang S, Zhang SM, Zhou QF, Huang XY, Huang JJ, Gao CF, 2014. Buprofezin and thiamethoxam indoor resistance and field efficacy to brown planthopper. *China Plant Protection*, 34(7): 77 – 79. [张帅, 张绍明, 周群芳, 黄向阳, 黄军军, 高聪芬, 2014. 褐飞虱对噻嗪酮和噻虫嗪的室内抗性及田间防效. 中国植保导刊, 34(7): 77 – 79]

Zhang X, Liao X, Mao K, Zhang K, Wan H, Li J, 2015. Insecticide resistance monitoring and correlation analysis of insecticides in field populations of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) in China 2012 – 2014. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 132: 13 – 20.

Zhang X, Liu X, Zhu F, Li J, You H, Lu P, 2014. Field evolution of insecticide resistance in the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) in China. *Crop Prot.*, 58: 61 – 66.

Zhang Y, Wang X, Yang B, Hu Y, Huang L, Bass C, Liu Z, 2015. Reduction in mRNA and protein expression of a nicotinic acetylcholine receptor α8 subunit is associated with resistance to imidacloprid in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *J. Neurochem.*, 135(4): 686 – 694.

（责任编辑：袁德成）